

## Ultrasonic evaporator for liquids has exciter circuit to operate transducer at optimum vibration range

**Patent number:** DE19962280

**Publication date:** 2001-07-12

**Inventor:** LOESER RALF ERNST (DE)

**Applicant:** DRAEGER MEDIZINTECH GMBH (DE)

**Classification:**

- **International:** B05B17/06; B06B1/06; A61M11/00

- **European:** A61M15/00F, B05B7/00B, B05B17/06B, B05B17/06B1

**Application number:** DE19991062280 19991223

**Priority number(s):** DE19991062280 19991223

**Also published as:**

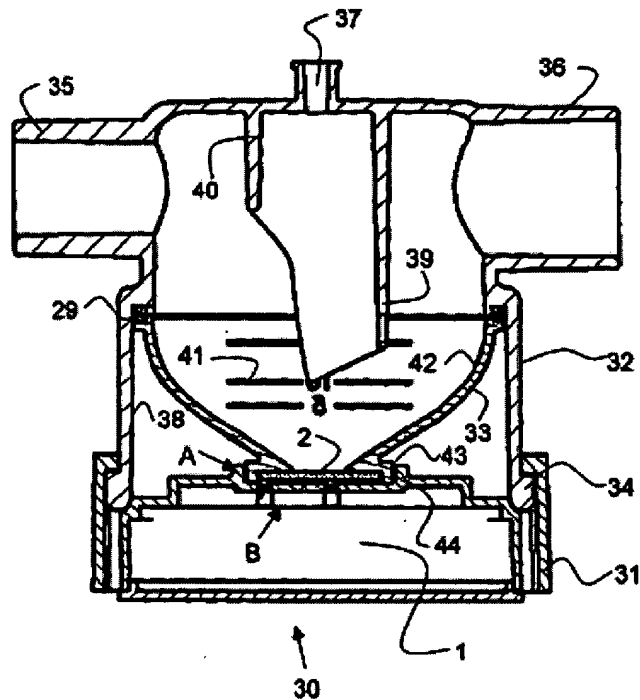


US6402046 (B1)

FR2802836 (A1)

### Abstract of DE19962280

Ultrasonic evaporator has transducer to produce impedance which varies with frequency and exciter circuit (1) to produce excitation signals. Transducer (2) is mounted to receive signals and produce vibrations in liquid to be vaporized. Exciter circuit operates transducer in range of frequencies of opposite resonance. Exciter circuit is mounted to find regulation value for frequency with minimum exciter current, immediately after switching on of evaporator, to vary exciter signal. An Independent claim includes a method for evaporating liquid using the evaporator.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Ultraschallvernebler mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren zur Steuerung eines Treibersystems in einem Ultraschallvernebler mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 14.

Ein Ultraschallvernebler der genannten Art geht aus der EP 619 761 B1 hervor. Der bekannte Ultraschallwandler wird auf seiner Gegenresonanzfrequenz betrieben mit dem Ziel, eine gute Verneblerleistung bei möglichst geringer Leistungszufuhr zu erreichen. Zur optimalen Verneblung der Flüssigkeit ist das Treibersystem des Ultraschallwandlers so ausgelegt, dass die Frequenz des Treiberstroms im Verlauf der Verneblung nachgeregelt wird, um den Betrieb bei einer optimalen Frequenz aufrechtzuerhalten. Dazu wird der durch den Ultraschallwandler fließende Treiberstrom ständig gemessen und durch Frequenzvariation minimiert. Der Frequenzwert des Treiberstroms am Ende eines Verneblungsvorganges dient als Startwert für die nachfolgende Verneblung.

Nachteilig bei dem bekannten Ultraschallvernebler ist, dass bei einer neuen Inbetriebnahme des Ultraschallverneblers aufgrund thermischer Effekte oder Wechsel der zu vernebelnden Flüssigkeit eine von der ursprünglichen Einstellung abweichende Frequenz für eine gute Verneblung erforderlich sein kann. Bei einer ungünstigen Vorgabe der Verneblerfrequenz ist es auch möglich, dass der Ultraschallwandler keine Schwingungen ausführt und überhaupt keine Verneblung der Flüssigkeit zustande kommt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschallvernebler derart zu verbessern, dass die zu vernebelnde Flüssigkeit bei einfacher Handhabung des Gerätes optimal vernebelt wird und ein Verfahren zur Steuerung des Ultraschallverneblers anzugeben.

Die Lösung der Aufgabe für die Vorrichtung erfolgt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Die Lösung der Aufgabe für das Verfahren erfolgt mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

Der Vorteil der Erfindung besteht im wesentlichen darin, dass unmittelbar nach der Inbetriebnahme des Ultraschallverneblers die Frequenz des Treiberstroms in der Umgebung der Gegenresonanzfrequenz verändert, um das Minimum des Treiberstroms zu suchen. Die Frequenz, bei der der Treiberstrom sein Minimum annimmt, wird als Frequenz-Einstellwert für den Treiberstrom benutzt. Da nicht auf frühere Einstellwerte zurückgegriffen, sondern unmittelbar nach der Inbetriebnahme eine günstige Frequenz für die Verneblung ermittelt wird, kann die Verneblerleistung von Anfang an voll ausgeschöpft werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Besonders vorteilhaft ist es, als Kriterium für die einzustellende Frequenz des Treiberstroms nicht nur das Minimum des Treiberstroms zu suchen, sondern auch dessen Welligkeit zu betrachten. Die Welligkeit des Treiberstroms korreliert dabei mit der Güte der Verneblung, wobei bei hoher Welligkeit des Treiberstroms eine gute Verneblung erzielt wird. Da es vorkommen kann, dass mehrere Minima des Treiberstroms in dem untersuchten Frequenzbereich auftreten, wird für die Verneblung dasjenige Minimum des Treiberstroms ausgewählt, bei dem die höchste Stromwelligkeit vorliegt. Unter Stromwelligkeit wird die Schwankung des Treiberstroms um einen Mittelwert verstanden. Das Welligkeits-Messsignal wird als Summe der Differenzbeträge aufeinanderfolgender Strommesswerte ermittelt. Hierzu werden etwa 10 bis 100 Strommesswerte ausgewertet. Vorteilhaft ist es dabei, sowohl für die Amplitude des

Treiberstroms als auch für das Welligkeits-Messsignal Grenzwerte vorzugeben. Optimale Betriebsbedingungen für den Ultraschallwandler liegen dann vor, wenn der Treiberstrom unterhalb eines vorbestimmten ersten Grenzwertes liegt und das Welligkeits-Messsignal einen vorbestimmten zweiten Grenzwert überschreitet. Bei einem hohen Welligkeits-Messsignal des Treiberstromes stellt sich nämlich eine gute Fontänenbildung bei der zu vernebelnden Flüssigkeit ein, die ein feines, schwebendes Aerosol ergibt.

Besonders vorteilhaft ist es, die Frequenz des Treiberstroms in unterschiedlichen Schrittweiten zu verändern. Zweckmäßig ist es hierbei, ausgehend von einem Startwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz bis zu einem Endwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz, die Frequenz mit einer ersten, großen Frequenz-Schrittweite zu erhöhen und den Treiberstrom zu messen. Da zwischen dem Startwert und dem Endwert etwa eine Bandbreite von 200 kHz liegt, beträgt die erste Frequenz-Schrittweite etwa 10 kHz bis 30 kHz.

Die Frequenzvariation mit großer Schrittweite hat den Vorteil, dass längerer Betrieb bei hohen Treiberstromwerten vermieden wird. Die Messung läuft so ab, dass zu jeder Frequenz ein zugehöriger Treiberstrom-Messwert bestimmt und durch Vergleich mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert ein minimaler erster Treiberstrom ermittelt wird. Danach wird, um den ersten minimalen Treiberstrom herum, eine Frequenzvariation mit einer zweiten Frequenz-Schrittweite durchgeführt, und in gleicher Weise ein zweiter minimaler Treiberstrom ermittelt. Die zum zweiten minimalen Treiberstrom gehörende Frequenz wird als Frequenz-Einstellwert für den Ultraschallwandler benutzt. Die Frequenzvariation um den ersten minimalen Treiberstrom wird mit einer Spanne von 20 kHz nach unten und nach oben mit einer Schrittweite von 1 kHz ausgeführt. Es ist auch möglich, mit einem Startwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz zu beginnen und die Frequenzvariation bis zu einem Endwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz durchzuführen.

Bei der Verarbeitung der Treiberstrom-Messwerte ist es erforderlich, jeden Stromwert mehrfach, zum Beispiel hundertfach zu messen und Mittelwerte zu bilden, da aufgrund von stochastischen Schwankungen sonst Fehler auftreten könnten.

Der Ultraschallwandler ist unmittelbar mit einem die zu zerstäubende Flüssigkeit aufnehmenden Vorratsbehälter verbunden. Die elektrische Verbindung zwischen dem Ultraschallwandler und dem Treibersystem erfolgt in vorteilhafter Weise über Kontaktflächen und die Kontaktflächen berührende Kontaktzungen, wobei die Kontaktflächen an dem Ultraschallwandler und die Kontaktzungen an dem Treibersystem angebracht sind. Es ist aber umgekehrt auch möglich, den Ultraschallwandler mit Kontaktzungen zu versehen und die Kontaktflächen an dem Treibersystem anzubringen. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene elektrische Verbindung zwischen dem Treibersystem und dem Ultraschallwandler ist es möglich, beide Teile auf einfache Weise zu trennen.

In vorteilhafter Weise ist der Ultraschallwandler mittels einer elastischen Klebefuge an dem Vorratsbehälter befestigt. Durch die elastische Klebefuge wird einerseits eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen den beiden Komponenten hergestellt, auf der anderen Seite können unterschiedliche Wärmeausdehnungen, die zum Beispiel beim Autoklavieren entstehen, ausgeglichen werden. Zur Zentrierung des Vorratsbehälters gegenüber dem Treibersystem und damit zur Ausrichtung der Kontaktzungen gegenüber den Kontaktflächen, ist das Bodenteil des Vorratsbehälters, an dem sich der Ultraschallwandler befindet, so ausgeführt, dass es in eine am Treibersystem befindliche Aufnahme ein-

gesteckt werden kann. In zweckmäßiger Weise ist die Aufnahme einstückig mit einer das Treibersystem aufnehmenden Versorgungseinheit verbunden.

In zweckmäßiger Weise ist ein Verneblergehäuse vorgesehen, in welches der Vorratsbehälter zusammen mit dem Ultraschallwandler eingeschoben werden kann und das Verneblergehäuse wird mit einer Versorgungseinheit an der Unterseite verschlossen, welche das Treibersystem beinhaltet. Das Verneblergehäuse und die Versorgungseinheit werden mittels eines Bajonettverschlusses zusammengehalten. Durch eine kurze Drehung des Verneblergehäuses gegenüber der Versorgungseinheit kann die Verbindung gelöst werden, um den Vorratsbehälter und den Ultraschallwandler zu entnehmen. Das Verneblergehäuse besitzt an seiner Oberseite Anschlüsse für Atemgasschläuche, mit denen einerseits Atemgas in das Verneblergehäuse eingeleitet und andererseits das mit der vernebelten Flüssigkeit angereicherte Atemgas zu einem Verbraucher weitergeleitet wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Figur dargestellt und im Folgenden näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1** schematisch ein Treibersystem zur Erzeugung von Treibersignalen für einen Ultraschallwandler,

**Fig. 2** beispielhaft den zeitlichen Verlauf des Treiberstroms,

**Fig. 3** die Abhängigkeit des Treiberstroms von der Frequenz, am Beispiel der zu Betriebsbeginn durchgeführten Frequenzdurchstimmung,

**Fig. 4** schematisch den Aufbau eines Ultraschallverneblers

**Fig. 5** den Verbindungsbereich zwischen dem Ultraschallwandler und dem Vorratsbehälter,

**Fig. 6** den Verbindungsbereich zwischen dem Ultraschallwandler und dem Treibersystem.

**Fig. 1** zeigt schematisch ein Treibersystem 1 zur Erzeugung von Treibersignalen für einen Ultraschallwandler 2. Ein von einer Gleichspannungsquelle 3 angesteuerter Oszillator 4 in Form eines sogenannten "Voltage-Controlled Oscillator" (VCO) erzeugt ein digitales Signal mit der doppelt benötigten Ultraschallfrequenz. Die Gleichspannungsquelle 3, wird hierzu von einem Mikroprozessrechner 5, mit einem Puls-Pausenmodulierten Gleichspannungssignal angesteuert. In einem dem Oszillator 4 nachgeschalteten Dividierer 6 wird die Frequenz halbiert und es werden zwei symmetrische Treibersignale Q und  $\bar{Q}$  für eine Treiberstufe 7 erzeugt. Über eine Steuerleitung 15 zwischen dem Dividierer 6 und dem Mikroprozessrechner 5 können die Treibersignale Q und  $\bar{Q}$  gestoppt oder freigegeben werden. Diese Eingriffsmöglichkeit dient zur Puls-Pausen-Modulation der effektiven Verneblerleistung, ohne die eigentliche Verneblungsamplitude oder die Frequenzzeugung zu beeinflussen. Die Treiberstufe 7 erzeugt das Treibersignal in Form eines durch den Ultraschallwandler 2 fließenden Treiberstroms. Eine dem Treiberstrom proportionale Messspannung wird an einem Messshunt 8 abgegriffen. Die Messspannung wird mit einem Gleichrichter 9 demoduliert, mit einem Tiefpass 10 geglättet und dann als Regelgröße für das einzustellende Gleichspannungssignal dem Mikroprozessrechner 5 zugeführt. Zusätzlich zur Amplitude des Treiberstroms wird dessen Welligkeit mit einem Welligkeitsdetektor 11 ausgewertet. Der Welligkeitsdetektor 11 gibt ein Welligkeits-Messsignal an den Mikroprozessrechner 5 ab. Über einen Thermistor 12 erhält der Mikroprozessrechner 5 eine Rückmeldung über die Temperatur des Ultraschallwandlers 2, beziehungsweise über die Temperatur der Leistungstransistoren in der Treiberstufe 7. In einem mit dem Mikroprozessrechner 5 verbundenen Speicher 13 sind alle Einstell-, Mess- und Grenzwerte abgelegt und können bei Bedarf in den Mikro-

prozessrechner 5 eingelesen werden. Über eine Digitalschnittstelle 14 ist eine bidirektionale Kommunikation mit in der **Fig. 1** nicht dargestellten Peripheriegeräten möglich. Ein derartiges Peripheriegerät kann beispielsweise ein in der **Fig. 1** nicht dargestelltes Beatmungsgerät sein, das sowohl Steuer- und Statusmeldungen von dem Treibersystem 1 erhält und auch entsprechende Meldungen an das Treibersystem 1 abgibt. So ist es möglich, das Treibersystem 1 von dem Beatmungsgerät aus derart anzusteuern, dass eine Verneblung nur während einer Einatemphase stattfindet.

Eine optimale Verneblung der zu applizierenden Flüssigkeit wird in der Umgebung der Gegenresonanzfrequenz des Ultraschallwandlers 2 erreicht. Dabei ist die Gegenresonanzfrequenz vom Aufbau des Ultraschallwandlers und von der Höhe der über dem Ultraschallwandler 2 befindlichen Flüssigkeitssäule abhängig. Der Arbeitspunkt des Ultraschallwandlers 2, das heißt der Frequenzeinstellwert, bei dem sich ein minimaler Treiberstrom einstellt, muss neu bestimmt werden, wenn vorgegebene Grenzwerte für den Treiberstrom überschritten werden.

Zusätzlich zur Amplitude des Treiberstromes werden die von dem Welligkeitsdetektor 11 gelieferten Welligkeits-Messsignale bei unterschiedlichen Frequenzeinstellungen analysiert. Es hat sich gezeigt, dass die Piezokeramik des Ultraschallwandlers 2 in dem zu untersuchenden Frequenzbereich unter Umständen mehrere Stromminima besitzt. Zur Entscheidung, welches dieser Minima das für die Verneblung der Flüssigkeit optimale Minimum des Treiberstroms ist, wird das Welligkeits-Messsignal herangezogen. Versuche haben ergeben, dass sich bei einer sichtbar guten Fontänenbildung der Flüssigkeit das Welligkeits-Messsignal erhöht, während es bei kleiner Fontänenbildung abnimmt. Eine gute Fontänenbildung und damit eine gute Verneblung der Flüssigkeit geht mit einer hohen Welligkeit des Treiberstroms einher. Es wird daher beim Vorliegen mehrerer Treiberstrom-Minima das Treiberstrom-Minimum mit dem höchsten Welligkeits-Messsignal ausgewählt. Als Frequenzeinstellwert für den Treiberstrom wird ein Wert ausgewählt, bei dem der Treiberstrom unterhalb eines vorbestimmten ersten Grenzwertes liegt und das Welligkeits-Messsignal einen vorbestimmten zweiten Grenzwert überschreitet. Die Grenzwert-Vergleiche werden in dem Mikroprozessrechner 5 durchgeführt.

Um ein einwandfreies Einlaufen der Verneblung zu erreichen, wird erfindungsgemäß die Frequenzvariation des Treiberstroms unmittelbar nach der Inbetriebnahme durchgeführt, indem, ausgehend von einem Startwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz bis zu einem Endwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz zunächst mit großer Frequenzschrittweite ein erster minimaler Treiberstrom gesucht wird. Die Gegenresonanzfrequenz des verwendeten Ultraschallwandlers 2 liegt typischerweise in einem Bereich zwischen 1,75 Mhz und 1,8 Mhz. Als Startwert ist dann eine Frequenz von etwa 1,7 Mhz geeignet und der Endwert ist etwa 1,9 Mhz. Die Frequenz-Schrittweite beträgt etwa 10 kHz. Dann wird, symmetrisch mit einer Spanne von 20 kHz um den ersten minimalen Treiberstrom herum, eine zweite Frequenzvariation mit einer Schrittweite von etwa 1 kHz durchgeführt. Durch Vergleich eines Treiberstrom-Messwertes mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert wird ein zweiter minimaler Treiberstrom ermittelt. Die zum zweiten minimalen Treiberstrom gehörende Frequenz wird als Frequenz-Einstellwert für den Oszillator 4 und damit für den Ultraschallwandler 2 benutzt. Wegen der Streuung der Treiberstrom-Messwerte ist es erforderlich, den Treiberstrom bei jeder Frequenz mehrfach, zum Beispiel hundertfach, zu messen und einen Mittelwert zu bilden. Die Mittelwertbildung wird ebenfalls in dem Mikroprozessrechner 5 durchge-

führt.

In der Fig. 2 sind Beispiele für den zeitlichen Verlauf des Treiberstroms, Kurve 16, angegeben. Kurve 17 veranschaulicht den zeitlichen Verlauf des über die Steuerleitung 17 an den Dividierer gegebenen Taktsignals, mit dem der Ultraschallwandler 2 aus- und eingeschaltet wird. Der obere Spannungswert 18 steht dabei für Ultraschallwandler 2 eingeschaltet und der untere Spannungswert 19 für Ultraschallwandler 2 ausgeschaltet.

Im Abschnitt 20 ist eine bestimmungsgemäße Welligkeit veranschaulicht, die sich bei der Verneblung einer Flüssigkeit einstellt. Abschnitt 21 zeigt eine überproportionale Welligkeit, die durch Tröpfchenbildung bei der Verneblung verursacht wird. In den Abschnitten 22 ist keine Welligkeit des Treiberstroms vorhanden, da die Flüssigkeit vollständig vernebelt wurde. Das Welligkeits-Messsignal ist daher auch ein Indikator für das Verneblungsende.

Fig. 3 veranschaulicht den Treiberstrom 16 in Abhängigkeit von der am Oszillator 4 eingestellten Frequenz. Im Abschnitt 202 ist das Ergebnis mit einer Frequenzdurchstimmung zwischen 1,7 Mhz und 1,9 Mhz mit einer Schrittweite von 20 kHz gezeigt. Es ergeben sich hier drei Minima für den Treiberstrom, nämlich Min 1, Min 2, Min 3. Symmetrisch um diese Minima Min 1, Min 2, Min 3, mit einer Spanne von jeweils 20 kHz, werden mit einer Schrittweite von 1 kHz weitere Minima gesucht. Die Ergebnisse der Frequenzvariationen in der Umgebung der Minima Min 1, Min 2, Min 3 sind in den Abschnitten 23, 24, 25 veranschaulicht. Gegenübergestellt sind in den Abschnitten 26, 27, 28 die zugehörigen Welligkeits-Messsignale W. Als optimaler Frequenz-Einstellwert wird die Frequenz D im Abschnitt 24 im Bereich des Minimums 2 ausgewählt, da hier das Welligkeits-Messsignal, im Abschnitt 27, größer als in den Abschnitten 26 und 28 ist.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Ultraschallvernebler 30 im Längsschnitt. Der Ultraschallvernebler 30 besteht aus einer das Treibersystem 1 aufnehmenden Versorgungseinheit 31, einem Verneblergehäuse 32 und einem den Ultraschallwandler 2 enthaltenden Vorratsbehälter 33. Das Verneblergehäuse 32 und die Versorgungseinheit 31 sind über einen Bajonettverschluss 34 miteinander verbunden, so dass die Elektronikkomponenten durch eine Vierteldrehung von dem Verneblergehäuse 32 und dem die Flüssigkeit aufnehmenden Vorratsbehälter 33 getrennt werden können. Das Verneblergehäuse 32 besitzt Anschlusskone 35, 36, mit denen die Gasverbindungen zu den in den Figuren nicht dargestellten Narkose- oder Beatmungsgeräten hergestellt werden können. Weiter besitzt das Verneblergehäuse 32 einen Befülladapter 37, über den die zu vernebelnde Flüssigkeit in den Vorratsbehälter 33 eingefüllt werden kann. Der Vorratsbehälter 33 wird mit seinem offenen Ende in eine Bohrung 38 im Verneblergehäuse 32 eingeschoben und ist mit einem O-Ring 29 abgedichtet, so dass durch die Anschlusskone 35, 36 und den Innenraum des Vorratsbehälters 33 ein vom Atemgas durchströmter Gasraum gebildet wird. Um den Befülladapter 37 herum befindet sich eine in den Vorratsbehälter 33 hinein ragende Schutzwand 39, damit sich eine in der Fig. 4 nicht dargestellte Wassersäule, die sich bei der Ultraschallverneblung bildet, nicht durch den zwischen den Anschlusskone 35, 36 fließenden Gasstrom mitgerissen wird. An der strömungsabgewandten Seite 40 ist die Schutzwand 39 aufgeschnitten, damit dort das Aerosol austreten kann. Flüssigkeitspartikel, die sich an der Schutzwand 39 sammeln, können ungehindert in den Vorratsbehälter 33 zurücklaufen.

Der Vorratsbehälter 33, der zum Bevorraten und Vernebeln der Flüssigkeit dient, besteht, wie auch das Verneblergehäuse 32, aus transparentem, autoklavierbarem Kunst-

stoff. Der Vorratsbehälter 33 kann etwa 20 Milliliter Flüssigkeit aufnehmen. Zur Abschätzung der Flüssigkeitsmenge ist an der Wandung des Vorratsbehälters 33 eine Skalierung 41 angebracht. Der Vorratsbehälter 33 besteht aus einem elliptischem Oberteil 42 und einem kreisrunden Bodenteil 43, in welches der Ultraschallwandler 2 eingesetzt ist. Im Bereich des Bodenteils 43 hat die Versorgungseinheit 31 eine Aufnahme 44, in welche das Bodenteil 43 eingeschoben werden kann. Durch das Ineinandergreifen von Bodenteil 43 und Aufnahme 44 wird der Vorratsbehälter 33 gegenüber der Versorgungseinheit 31 zentriert.

Fig. 5 veranschaulicht die Einzelheit A nach der Fig. 4 im Verbindungsbereich zwischen dem Bodenteil 43 des Vorratsbehälters 33 und dem Ultraschallwandler 2. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 4 versehen. Zur spannungsfreien Befestigung des Ultraschallwandlers 2 im Bereich des Bodenteils 43 des Vorratsbehälters 33 ist eine elastische Klebefuge 45 aus einem Silikonwerkstoff vorgesehen, die gleichzeitig den Ultraschallwandler 2 gegenüber dem Vorratsbehälter 33 abdichtet. Spannungen können beispielsweise beim Autoklavieren entstehen, da das Material des Vorratsbehälters 33 und der Ultraschallwandler 2 unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen.

Fig. 6 zeigt die Einzelheit B nach der Fig. 4 im Verbindungsbereich zwischen dem Treibersystem 1 und dem Ultraschallwandler 2. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugsziffern der Fig. 4 versehen. Zur elektrischen Verbindung des Ultraschallwandlers 2 mit dem Treibersystem 1 sind Kontaktflächen 46, 47 an dem Ultraschallwandler 2 und Kontaktzungen 48, 49 an dem Treibersystem 1 angebracht. Durch die Steckverbindung zwischen dem Bodenteil 43 des Vorratsbehälters 33 und der Aufnahme 44 werden die Kontaktzungen 48, 49 gegenüber den Kontaktflächen 46, 47 zentriert.

#### Patentansprüche

1. Ultraschallvernebler mit einem Ultraschallwandler (2) mit frequenzabhängiger Impedanzcharakteristik und einem Treibersystem (1) zur Erzeugung von Treibersignalen, insbesondere eines Treiberstroms für den Ultraschallwandler (2), wobei der Ultraschallwandler (2) derart geschaltet ist, dass er die Treibersignale empfängt und Vibrationen in einer zu zerstäubenden Flüssigkeit ausführt und das Treibersystem (1) dazu dient, den Ultraschallwandler in einem Bereich seiner Gegenresonanzfrequenz mit minimalem Treiberstrom zu erregen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Treibersystem (1) derart geschaltet ist, dass ein Frequenz-Einstellwert mit minimalem Treiberstrom unmittelbar nach der Inbetriebnahme des Ultraschallverneblers durch Veränderung der Frequenz des Treibersignals gesucht wird.
2. Ultraschallvernebler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein die Welligkeit des Treiberstroms ermittelnder Welligkeitsdetektor (11) zur Abgabe eines Welligkeits-Messsignales vorgesehen ist und dass als Frequenz-Einstellwert eine Frequenz ausgewählt ist, bei der die Amplitude des Treiberstroms unterhalb eines vorbestimmten ersten Grenzwertes und das Welligkeits-Messsignal oberhalb eines vorbestimmten zweiten Grenzwertes liegt.
3. Ultraschallvernebler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Treibersystem (1) so geschaltet ist, dass, ausgehend von einem Startwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz bis zu einem Endwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz, die Fre-

quenz mit einer ersten Frequenz-Schrittweite erhöht, zu jeder Frequenz ein zugehöriger Treiberstrom bestimmt und ein minimaler erster Treiberstrom durch Vergleich eines Treiberstrom-Messwertes mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert gesucht wird und dass durch Reduzierung der ersten Frequenz-Schrittweite auf eine zweite Frequenz-Schrittweite, in einem Bereich um den ersten minimalen Treiberstrom herum, durch Vergleich eines Treiberstrom-Messwertes mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert, ein zweiter minimaler Treiberstrom ermittelt wird und die zum zweiten minimalen Treiberstrom gehörende Frequenz als Frequenz-Einstellwert benutzt wird.

4. Ultraschallvernebler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Startwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz und der Endwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz liegt und dass die Frequenz, ausgehend von dem Startwert, mit der ersten Frequenz-Schrittweite erniedrigt wird.

5. Ultraschallvernebler nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Frequenz-Schrittweite auf einen Prozentanteil zwischen 5% und 20% der ersten Frequenz-Schrittweite eingestellt ist.

6. Ultraschallvernebler nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Frequenz-Schrittweite zwischen 10 kHz und 30 kHz liegt.

7. Ultraschallvernebler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (2) mit einem die zu zerstäubende Flüssigkeit aufnehmenden Vorratsbehälter (33) verbunden ist, und dass der Ultraschallwandler (2) zusammen mit dem Vorratsbehälter (33) in der Weise mit einer das Treibersystem (1) aufnehmenden Versorgungseinheit (31) verbindbar ausgeführt ist, dass die elektrische Verbindung zwischen der Versorgungseinheit (31) und dem Ultraschallwandler (2) über Kontaktflächen (46, 47) und die Kontaktflächen (46, 47) berührende Kontaktzungen (48, 49) erfolgt.

8. Ultraschallvernebler nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschallwandler (2) mit einer elastischen Klebefuge (45) an einem Bodenteil (43) des Vorratsbehälters (33) befestigt ist.

9. Ultraschallvernebler nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen (46, 47) am Ultraschallwandler (2) und die Kontaktzungen (48, 49) an der Versorgungseinheit (31) angeordnet sind.

10. Ultraschallvernebler nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen an der Versorgungseinheit und die Kontaktzungen an dem Ultraschallwandler vorgesehen sind.

11. Ultraschallvernebler nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das im Bereich des Ultraschallwandlers (2) befindliche Bodenteil (43) des Vorratsbehälters (33) als in eine Aufnahme (44) an der Versorgungseinheit (31) einsteckbar ausgebildet ist.

12. Ultraschallvernebler nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Oberteil (42) des Vorratsbehälters (33) eine ellipsenförmige, runde oder rechteckförmige Querschnittsfläche aufweist.

13. Ultraschallvernebler nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein den Vorratsbehälter (33) und die Versorgungseinheit (31) aufnehmendes Verneblergehäuse (32) vorgesehen ist, dessen Oberseite Anschlüsse (35, 36) für Atemschläuche besitzt und dessen Unterseite als mit der Versorgungseinheit (31) verbindbar ausgebildet ist, wobei der Vorratsbehälter (33) zusammen mit dem Ultraschallwandler

(2) als in eine Aufnahmebohrung (38) des Verneblergehäuses (32) einschiebbar ausgeführt ist.

14. Verfahren zur Steuerung eines Treibersystems (1) in einem Ultraschallvernebler, welches Treibersignale, insbesondere Treiberströme, für einen Ultraschallwandler (2) mit frequenzabhängiger Impedanzcharakteristik erzeugt, wobei der Ultraschallwandler (2) derart geschaltet ist, dass er die Treibersignale empfängt und Vibrationen in einer zu zerstäubenden Flüssigkeit ausgeführt und das Treibersystem (1) dazu dient, den Ultraschallwandler in einem Bereich seiner Gegenresonanzfrequenz mit minimalem Treiberstrom zu erregen, dadurch gekennzeichnet, unmittelbar nach der Inbetriebnahme durch Veränderung der Frequenz des Treibersignals einen Frequenz-Einstellwert mit minimalem Treiberstrom zu suchen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, die Welligkeit des Treiberstroms als Welligkeits-Messsignal zu bestimmen und als Frequenz-Einstellwert eine Frequenz auszuwählen, bei der die Amplitude des Treiberstroms unterhalb eines vorbestimmten ersten Grenzwertes und das Welligkeits-Messsignal oberhalb eines vorbestimmten zweiten Grenzwertes liegt.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, die Frequenz, ausgehend von einem Startwert unterhalb der Gegenresonanzfrequenz bis zu einem Endwert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz, mit einer ersten Frequenz-Schrittweite zu erhöhen, bei jeder Frequenz eine zugehörige Treiberstrom-Amplitude zu bestimmen und einen minimalen ersten Treiberstrom durch Vergleich eines Treiberstrom-Messwertes mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert zu suchen und durch Reduzierung der ersten Frequenz-Schrittweite auf eine zweite Frequenz-Schrittweite, in einem Bereich um den ersten minimalen Treiberstrom herum, durch Vergleich eines Treiberstrom-Messwertes mit einem vorherigen Treiberstrom-Messwert, einen zweiten minimalen Treiberstrom zu ermitteln und die zum zweiten minimalen Treiberstrom gehörende Frequenz als Frequenz-Einstellwert zu nehmen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, als Startwert einen Wert oberhalb der Gegenresonanzfrequenz und als Endwert eine Frequenz unterhalb der Gegenresonanzfrequenz zu nehmen und die Frequenz, ausgehend von dem Startwert, mit der ersten Frequenz-Schrittweite zu erniedrigen.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, als erste Frequenz-Schrittweite einen Wert zwischen 10 kHz u. 30 kHz zu nehmen.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, die zweite Frequenz-Schrittweite auf einen Prozentanteil zwischen 5% und 20% der ersten Frequenz-Schrittweite einzustellen.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

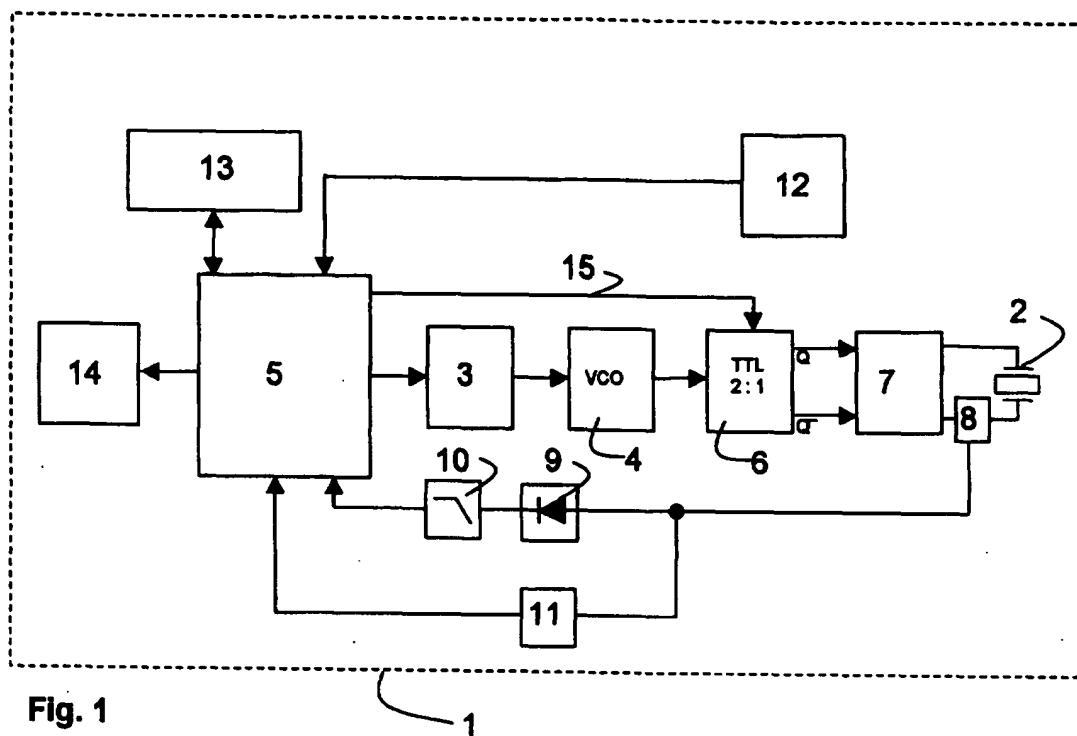
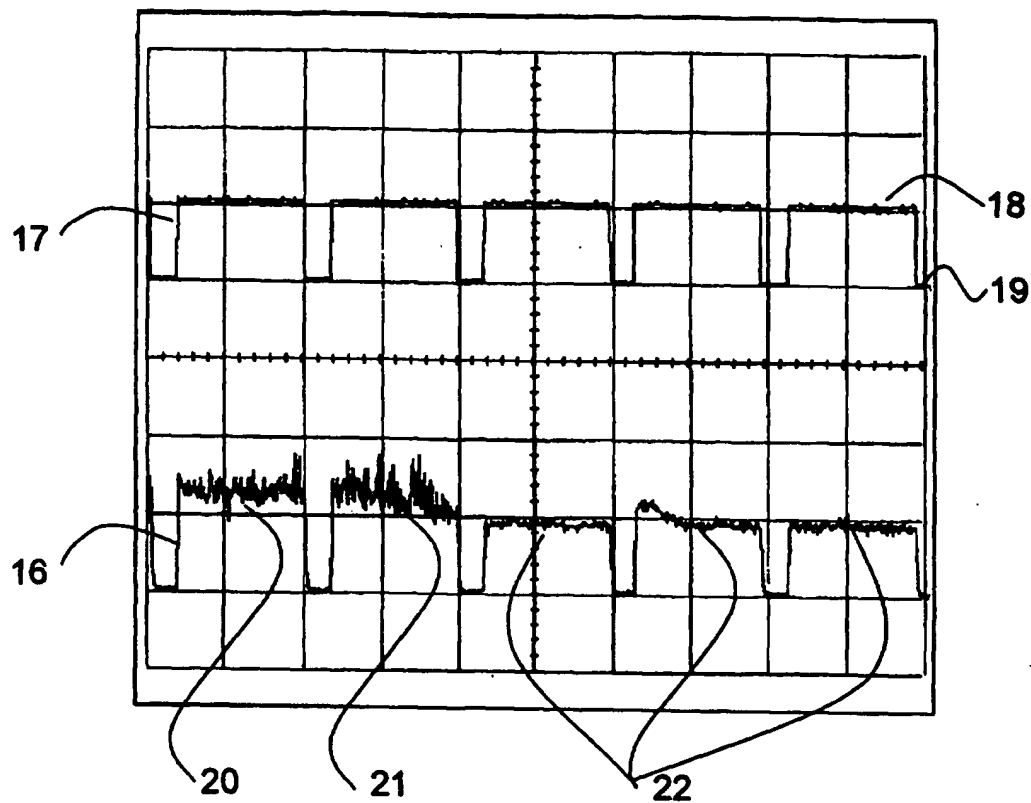


Fig. 1



**Fig. 2**



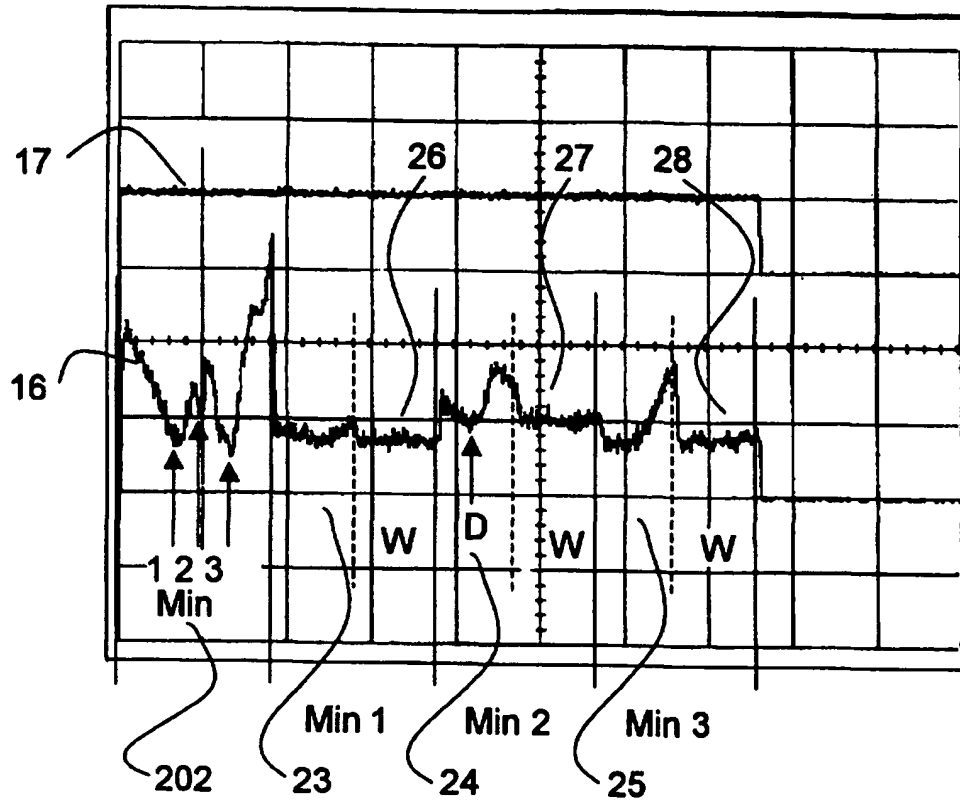


Fig. 3

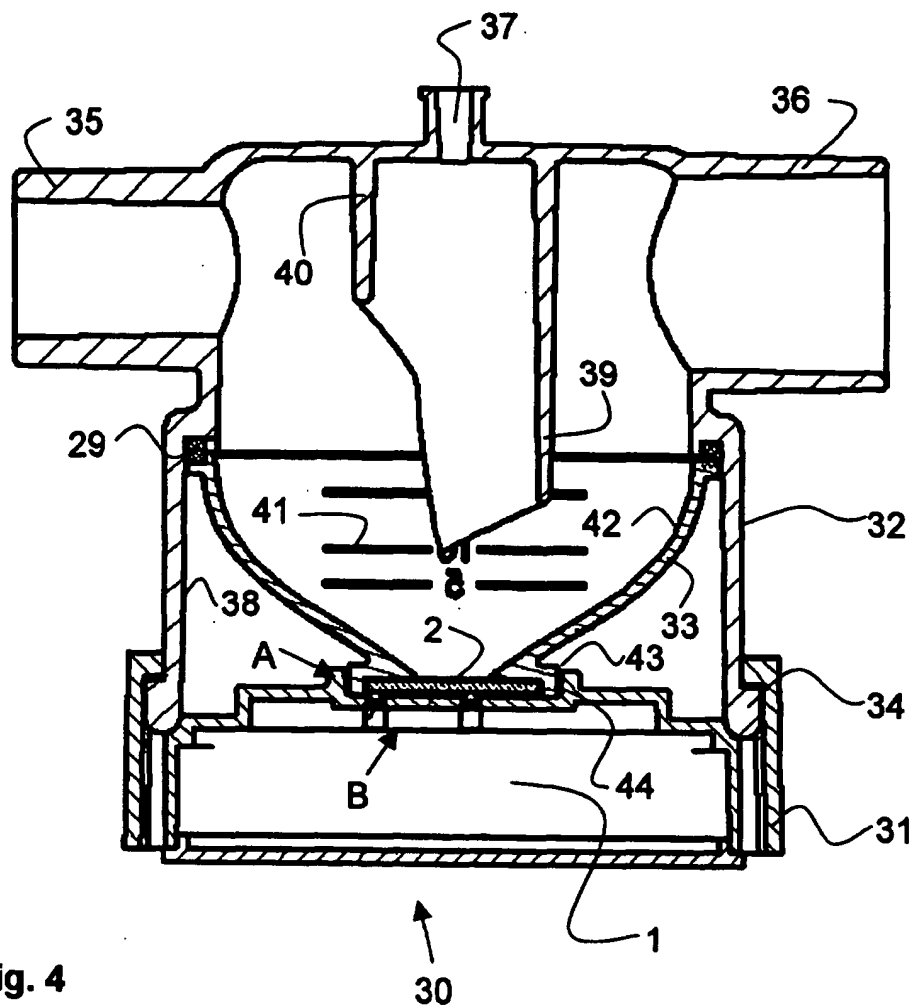
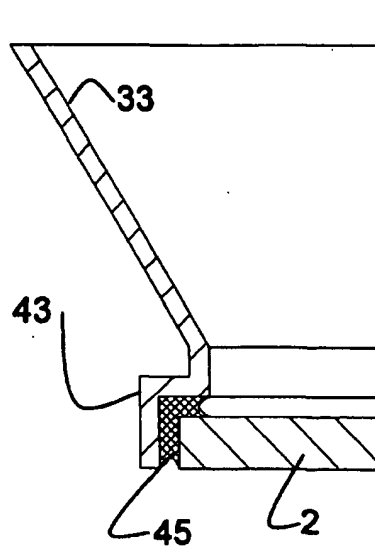
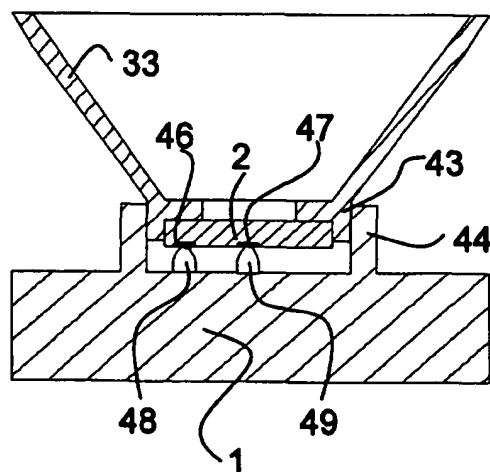


Fig. 4



**Fig. 5**



**Fig. 6**